

erwent WPI
erwent. All rts. reserv.

available**

0432/ 199901

0421

plexing method for optical communications or measuring
stable optical transmission channel for coupling light
several light signal outputs in sequence.

MARIAN L (KAZA-I); NIESSNER R (NIES-I)

; NIESSNER R

001 Number of Patents: 002

Date	Applicat No	Kind	Date	Week	
9981119	DE 1020619	A	19970516	199901	B
0010301	DE 1020619	A	19970516	200112	

s (No Type Date): DE 1020619 A 19970516

Pg Main IPC Filing Notes

16 G02B-006/35

G02B-006/35

19720619 A

xing method has at least one optical input sequentially
ast 2 optical outputs, with light transmission in both
light signal is transmitted from the input to the
via a rotatable optical transmission channel, which is
its output end into alignment with the required
iplexing method may allow a number of inputs to be
ber of inputs using several rotatable optical
annels rotated about a common central axis.
onitoring bioreactor at several points using laser and
astic sensors.
Optimal reproduction and efficiency of light

SIGNAL; MULTIPLEX; METHOD; OPTICAL; COMMUNICATE;
OTATING; OPTICAL; TRANSMISSION; CHANNEL; COUPLE; LIGHT;
IT; SIGNAL; OUTPUT; SEQUENCE

303; V07; W02 -

Class (Main): G02B-006/35

Class (Additional): G02B-006/24; G02B-026/08;

014/00

igPI

BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 197 20 619 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶:
G 02 B 6/35
H 04 J 14/00
H 04 B 10/20
G 02 B 26/08

⑲ Aktenzeichen: 197 20 619.0
⑳ Anmeldetag: 16. 5. 97
㉑ Offenlegungstag: 19. 11. 98

3

DE 197 20 619 A 1

⑦1 Anmelder:
Kazarian, Larissa, Dipl.-Ing., 80805 München, DE;
Nießner, Reinhard, Prof. Dr., 82319 Starnberg, DE

⑦2 Erfinder:
gleich Anmelder

⑤6 Entgegenhaltungen:
DE 34 39 905 A1
DE-Buch: Optische Telekommunikationssysteme,
Bd. I: Physik und Technik, W. Haist, Hrsg.,
Gelsenkirchen-Buer: Damm, 1989, S. 128-132;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zum Multiplexen von übertragenen Lichtsignalen

DE 197 20 619 A 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Multiplexen von übertragenen Lichtsignalen, wobei mindestens ein optischer Eingang sequentiell mit mindestens zwei optischen Ausgängen gekoppelt wird und das Lichtsignal in beide Richtungen übertragen werden kann.

Mit einem solchen Multiplexer können die Lichtsignale von mehreren Lichtquellen sequentiell zu mehreren Lichtempfängern übertragen werden.

Anwendungsgebiete der Erfindung sind Nachrichten- und optische Meßtechnik, d. h. optische Messungen im Multiplex-Betrieb, zum Beispiel bei verschiedenen spektroskopischen Techniken wie photoakustische Spektroskopie, Fluoreszenz- oder Transmissionsmessungen. Spezielle Anforderungen dabei sind hohe Effizienz und Reproduzierbarkeit der Lichtsignalübertragung, reproduzierbare Leistungsübertragung, geringe optische Verluste und kurze Umschaltzeiten.

Das Verfahren und die Vorrichtung können insbesondere für die Überwachung von Bioreaktoren an mehreren Meßpunkten angewandt werden, in denen das Licht eines Lasers nacheinander in mehrere an der Reaktorwandung angebrachte faseroptisch geführte photoakustische Sensoren eingekoppelt werden muß. Das erlaubt eine tiefenaufgelöste Messung der Stoffkonzentrationen in verschiedenen Schichttiefen eines Biofilms auf der Innenseite des Reaktors, was die Einschätzung der Abbauleistung der beteiligten Mikroorganismen und des Wachstums des Biofilms ermöglicht.

Es ist allgemein ein Verfahren zum Multiplexen von übertragenen Lichtsignalen bekannt, bei dem zur Kopplung des Lichtsignals von einem optischen Eingang in einen der mehreren optischen Ausgänge dieses in einen schaltbaren Lichtleiter eingekoppelt wird. Das Einkoppelende des schaltbaren Lichtleiters ist dabei unbeweglich in einem Punkt fixiert, und sein Auskoppelende wird mittels einer Dreh- oder Translationsbewegung dem ausgewählten optischen Ausgang fluchtend gegenübergestellt. Da das Einkoppelende des schaltbaren Lichtleiters unbeweglich an einer Stelle fixiert ist, während sein Auskoppelende in jedem Schaltvorgang gedreht oder verschoben wird, wird die Lage von je zwei Punkten des schaltbaren Lichtleiters (Fig. 2, Fig. 3) zueinander bei den Schaltvorgängen ständig verändert. Dadurch wird der Lichtleiter dynamisch verformt, d. h. gekrümmt oder verdreht.

Der Hauptnachteil dieses Verfahrens und der nach diesem Verfahren arbeitenden Vorrichtungen ist, daß der schaltbare Lichtleiter durch die Dreh- oder Translationsbewegung eines seiner Anschlußenden gegenüber einem Befestigungspunkt bei jedem Schaltvorgang zwischen diesem Befestigungspunkt und dem beweglichen Anschlußende gebogen oder verdreht wird. Auf den Lichtleiter wirken hierbei dynamische Biege- oder Torsionsmomente ein, wodurch er beschädigt werden kann. Eine Deformation des Lichtleiters kann außerdem zusätzliche optische Verluste verursachen, bzw. die Pulsstruktur eines Laserpulses ändern.

Das oben allgemein beschriebene Verfahren ist auf verschiedene Weise veröffentlicht und realisiert.

So ist ein Lichtwellenleiternultiplexer bekannt (DiCon Fiber Optics, Inc.; Berkeley, USA, CA 94710), bei dem das Auskoppelende des in einem Punkt (zum Beispiel im Eingangsstecker des Multiplexers) unbeweglich fixierten eingehenden Lichtleiters so auf einem drehbaren Teller befestigt ist, daß es bei der Drehung des Tellers einen Kreisbogen beschreibt (Fig. 2). Dementsprechend sind die Einkoppelenden der zur optischen Kopplung an den eingehenden Licht-

leiter vorgesehenen ausgehenden Lichtleiter in einem Kreisbogen fixiert. Durch die Drehung des Tellers kann das schaltbare Auskoppelende des eingehenden Lichtleiters nacheinander den fixierten Einkoppelenden der ausgehenden Lichtleiter zur optischen Kopplung gegenübergestellt werden.

Die beschriebene Vorrichtung hat folgende Nachteile, die unter anderem durch die kreisförmige Anordnung der Anschlußenden der Lichtleiter verursacht werden:

- Der Lichtleiter wird durch die Drehung des Tellers immer wieder zwischen seinem beweglichen Auskoppelende und dem Befestigungspunkt bei jedem Schaltvorgang gebogen, das heißt auf den Lichtleiter wirkt ein dynamisches Biegemoment ein, wodurch er deformiert wird.

- Mit der Zahl der zu koppelnden Lichtleiter sinkt der Krümmungsradius und steigt die Bruchgefahr. Das verursacht einen großen Platzbedarf und führt zu großen Abmessungen der Vorrichtung.

- Aufgrund kreisförmiger Anordnung kann das auf dem drehbaren Teller befestigte schaltbare Auskoppelende des eingehenden Lichtleiters nicht nah genug an die Einkoppelenden der ausgehenden Lichtleiter positioniert werden, damit es mit dem Teller gedreht werden kann, ohne die Einkoppelenden der ausgehenden Lichtleiter zu berühren. Wegen dieses einzuhaltenden Abstands kann keine optimale Übertragungseffizienz des Lichtes erreicht werden.

- In der beschriebenen Vorrichtung entsteht bei möglicher ungenauer Positionierung des drehbaren Tellers, die beispielsweise durch einen Positionierungsfehler des Antriebs verursacht werden kann, nicht nur ein Achsenversatz, d. h. eine Verschiebung zwischen den zueinander parallelen optischen Achsen der zu koppelnden Lichtleiter, sondern auch ein sogenannter Kippwinkel, d. h. ein Winkel zwischen den optischen Achsen der zu koppelnden Lichtleiter. Das verursacht große winkelfehlerabhängige optische Verluste in der Verbindungsstelle und senkt die Übertragungseffizienz des Multiplexers sowie die Reproduzierbarkeit der Signalübertragung ab.

- Der bei möglicher Positionierungsungenauigkeit des drehbaren Tellers entstehende Achsenversatz und Kippwinkel der zu koppelnden Lichtleiter ist ziemlich groß, denn der Radius des Kreisbogens, auf dem das schaltbare Auskoppelende des eingehenden Lichtleiters geführt wird, muß dem minimal zulässigen Biegeradius des Lichtleiters entsprechen, damit er nicht beschädigt wird. Da dieser nicht zu unterschreitende Radius besonders für die Lichtleiter größeren Durchmessers relativ groß ist, führt sogar ein kleiner Winkelfehler des antreibenden Motors zu einem großen Linearfehler der Positionierung des schaltbaren Lichtleiters, das heißt zu einem großen Achsenversatz und einem großen Kippwinkel der zu koppelnden Lichtleiter und damit zu großen optischen Verlusten.

Weiterhin ist ein Multiplexer für Lichtleiter bekannt (Offenlegungsschrift DE 195 37 290 C1), in dem das Auskoppelende des eingehenden Lichtleiters in einem beweglichen Schlitten befestigt ist und mittels des Schlittens zur sequentiellen optischen Kopplung an in einer Steckerleiste fixierte ausgehende Lichtleiter geradlinig entlang geführt wird (Fig. 3). So wird das schaltbare Auskoppelende des eingehenden Lichtleiters den fixierten Einkoppelenden der ausgehenden Lichtleiter nacheinander gegenübergestellt.

Durch diese Anordnung wird eine starke Krümmung des

Lichtleiters vermieden. Der eingehende Lichtleiter ist aber in einem Punkt, zum Beispiel im Eingangsstecker der Vorrichtung, fixiert und wird bei der geradlinigen Bewegung des Schlittens bei jedem Schaltvorgang immer wieder zwischen dem Schlitten und diesem Befestigungspunkt gebogen (Fig. 3). Das bedeutet, daß auf den Lichtleiter ein dynamisches Biegemoment wirkt, wodurch er beschädigt werden kann.

Zusammenfassend lassen sich folgende Nachteile des oben beschriebenen Verfahrens und der nach diesem Verfahren funktionierenden Vorrichtungen feststellen:

– Der schaltbare Lichtleiter ist an irgendeiner Stelle fixiert, während sein Ein- oder Auskoppelende die für den Multiplex-Vorgang erforderliche Bewegung ausführt. Da Lichtleiter vor allem mit einem großen Durchmesser nur eine begrenzte Flexibilität aufweisen, wird die geradlinige Bewegung des Schlittens sowie die Drehung des Tellers in der oben beschriebenen Vorrichtung mit der Zeit und zunehmender Materialermüdung eine Beschädigung des schaltbaren Lichtleiters zur Folge haben.

– In beiden oben beschriebenen Vorrichtungen wirkt auf den Lichtleiter bei Drehung oder Verschiebung seines in einem beweglichen Halteelement befestigten schaltbaren Anschlusses ein dynamisches Biegemoment, und, damit er nicht sofort beschädigt wird, darf der für den verwendeten Lichtleitertyp minimal zulässige Biegeradius nicht unterschritten werden. Das führt besonders bei großen Durchmessern der Lichtleiter zu einem großen Platzbedarf, d. h. zu großen Abmessungen der Vorrichtung.

– Wegen der großen Abmessungen des Multiplexers ist der durch den Antrieb entstehende Positionierungsfehler des schaltbaren Lichtleiterendes groß, was zu einem großen optischen Verlust führt und die Reproduzierbarkeit der Signalübertragung senkt.

Wegen dieser Nachteile können das oben beschriebene Verfahren und die entsprechenden Vorrichtungen (Stand der Technik) keine optimale Reproduzierbarkeit und Effizienz der Lichtleistungsübertragung gewährleisten, was für optische Messungen zu analytischen Zwecken sehr wichtig ist.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die oben genannten Nachteile zu vermeiden und ein Verfahren und die entsprechende Vorrichtung zum Multiplexen von übertragenen Lichtsignalen zu bieten, welche bei kleinen Abmessungen eine hohe Reproduzierbarkeit und Effizienz der Lichtsignalübertragung, insbesondere reproduzierbare Lichtintensitätsübertragung, hohe Umschaltgeschwindigkeit und kleine optische Verluste gewährleisten und bei denen die Lichtleiter nicht deformiert werden.

Diese Aufgabe wird durch die Erfindung gemäß den Ansprüchen 1 bis 10 gelöst. Vorteilhafte Varianten und Ausführungsformen der Erfindung sind in den Ansprüchen 1 bis 20 ausgeführt.

Durch diese technische Lösung können die Lichtsignale von einer oder mehreren Lichtquellen sequentiell oder wahlweise in mehrere Lichtempfänger schnell gekoppelt werden. Dabei werden sowohl eine Krümmung als auch die Torsionsbelastung der Lichtleiter völlig vermieden.

Als Übermittlungskanal kann beispielsweise eine Anordnung aus einem oder mehreren dreieckigen Umlenkprismen (Fig. 8) oder z. B. ein viereckiges Prisma mit zwei verspiegelten zur Drehachse geneigten gegenüberliegenden Flächen (Fig. 9), oder auch ein Aufbau aus einem oder mehreren, z. B. zwei parallel oder symmetrisch zueinander angeordneten, Spiegeln (Fig. 10, Fig. 11), die in einem drehbaren

Kopplungselement integriert sind, benutzt werden. Als Übermittlungskanal kann auch ein Lichtwellenleiter, zum Beispiel eine Glasfaser verwendet werden (Fig. 6, Fig. 7). Wichtig ist nur, daß der eingehende Lichtstrahl bzw. die optische Achse des eingehenden Lichtleiters auf der Drehachse des Übermittlungskanals fluchtend mit dem Einkoppelende des Übermittlungskanals liegt. Dadurch kann das Licht in jeder Drehposition des Kopplungselementes unter gleichen Bedingungen in den Übermittlungskanal eingekoppelt werden. Durch die Einstellung des Neigungswinkels der Spiegel bzw. durch die Anordnung der Prismen oder des Auskoppelendes des Übermittlungslichtleiters im drehbaren Kopplungselement kann der übertragene Lichtstrahl am Auskoppelende des Übermittlungskanals in beliebige Richtung entsprechend der Anordnung der optischen Ausgänge gerichtet werden (Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8, Fig. 9, Fig. 10, Fig. 11).

Der Übermittlungslichtleiter muß gemäß den Patentansprüchen so in einem drehbaren Kopplungselement integriert werden, daß in sein Einkoppelende in jeder Drehposition der eingehende Lichtstrahl unter gleichen Bedingungen eingekoppelt wird, während sein Auskoppelende bei der Drehung des Kopplungselementes jedem optischen Ausgang fluchtend gegenübergestellt werden kann.

Das ermöglicht verschiedene Ausführungsformen des Kopplungselementes und dementsprechend der Halteelemente 1 und 2 zur Fixierung der eingehenden bzw. ausgehenden Lichtleiter für jede konkrete Anwendung. Das Kopplungselement 5 kann zum Beispiel nach dem Anspruch 12 als ein zylindrisches (Fig. 1, Fig. 4) oder kegelförmiges Teil oder nach Anspruch 15 als eine dünne Scheibe (Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8, Fig. 9, Fig. 10, Fig. 11) mit dem eingebauten Übermittlungskanal ausgeführt werden. Als Übermittlungskanal kann dabei z. B. eine Glasfaser (Fig. 1, Fig. 4, Fig. 6, Fig. 7), ein (Fig. 9) oder zwei (Fig. 8) Umlenkprismen benutzt werden.

Laut der Erfindung können nicht nur die direkt von einer Lichtquelle, zum Beispiel von einem Laser, ausgehenden Lichtsignale direkt auf verschiedene Lichtempfänger, wie zum Beispiel offene spektrometrische Meßkanäle, nacheinander gerichtet werden, sondern auch die eingehenden und die ausgehenden Lichtleiter, über die übertragene Lichtsignale geleitet werden, sequentiell miteinander gekoppelt werden.

Für konkrete Anwendungen können für die bessere Kopplung des Lichts bei Übergängen zwischen verschiedenen Lichtkanälen (z. B. beim Übergang zwischen einem Lichtleiter und dem Übermittlungskanal mit Umlenkprismen oder Spiegeln) vor dem Einkoppelende und nach dem Auskoppelende des Übermittlungskanals die entsprechenden Linsen angeordnet werden.

Die der Erfindung zugrunde liegende technische Lösung hat folgende Vorteile:

– Möglichkeit zum schnellen Multiplexen einer großen Zahl optischer Ein- und Ausgänge bei kleinen Abmessungen der Vorrichtung.

– Die Lichtwellenleiter werden völlig torsions- und biegeentlastet. Sowohl die eingehenden, als auch die ausgehenden Lichtleiter werden nicht bewegt und nicht deformiert, d. h. sie werden weder gebogen, noch gedreht, noch verdreht. Auf die Lichtleiter wirken keine dynamischen, insbesondere keine Biege- oder Torsionsmomente.

– Die Schaltvorgänge führen zu keinerlei mechanischer Belastung der geschalteten Lichtleiter, weil sie in ihrer Ruhelage bleiben. Der Übermittlungskanal, z. B. ein Übermittlungslichtleiter, wird nur als Ganzes ge-

dreht, deshalb bleibt die Lage von je zwei Punkten des Übermittlungslichtleiters zueinander bei Schaltvorgängen unverändert. Das bedeutet, daß die Schaltvorgänge auch auf den Übermittlungslichtleiter in keiner Weise Kräfte bzw. Momente ausüben.

Es wurde ein neuer Freiheitsgrad eingeführt, während die herkömmlichen Verfahren und darauf basierenden Vorrichtungen auf eine zweidimensionale Betrachtung reduziert werden konnten. Durch diese technische Lösung können die Lichtleiter bei einem viel kompakteren Aufbau der ganzen Vorrichtung mechanisch entlastet werden.

Aufgrund der oben beschriebenen Konstruktion konnte eine wesentliche Reduktion des Platzbedarfes erreicht werden. Beispielsweise beträgt für die Ausführung nach **Fig. 4** für die verwendeten Glasfasern mit einem Durchmesser von 550 µm mit dem minimal zulässigen Biegeradius von 94 mm der Radius des Kreises, auf dem das Auskoppelende des Übermittlungslichtleiters gedreht wird, nur 6 mm. Deshalb reicht ein Durchmesser von 20 mm des Kopplungselementes 5 und dementsprechend auch derjenige der Halteelemente 1 und 2 zur Fixierung der eingehenden bzw. ausgehenden Lichtleiter bei zwölf oder mehreren ausgehenden Lichtleitern aus.

Hohe Umschaltgeschwindigkeit aufgrund kleiner Abmessungen, und die Möglichkeit der ganzen Umdrehung des antreibenden Motors.

Hohe Positionierungsgenauigkeit des drehbaren Kopplungselementes und dadurch bessere Reproduzierbarkeit der Lichtleistungsübertragung. Der bei möglicher ungenauer Positionierung der Achse des antreibenden Motors entstehende Achsenversatz der zu koppelnden Lichtleiter ist prinzipiell geringer als beim oben beschriebenen Stand der Technik, weil der Durchmesser des Kreises, auf dem das Auskoppelende des im drehbaren Kopplungselement integrierten Übermittlungskanals gedreht wird, kleiner ist. Deswegen verursacht der gleiche Winkelfehler des antreibenden Motors einen kleineren Linearfehler der Positionierung des Auskoppelendes des Übermittlungskanals. Das heißt, daß der möglicherweise entstehende Achsenversatz der zu koppelnden Lichtleiter und der entsprechende Verlust der Lichtleistung wesentlich geringer sind. Das reduziert den Übertragungsfehler und steigert die Reproduzierbarkeit der Signalübertragung.

– Kleinere optische Verluste und bessere Übertragungseffizienz des Lichtsignals.

In der vorgeschlagenen Vorrichtung (**Fig. 1**, **Fig. 4**, **Fig. 6**) bleibt das Auskoppelende des im drehbaren Kopplungselement 5 befestigten Übermittlungslichtleiter 6 bei der Drehung des Kopplungselementes immer parallel zu den Einkoppelenden der im Halteelement 2 fixierten ausgehenden Lichtleiter. Deswegen können die miteinander zu koppelnden Lichtleiter sehr nah beieinander positioniert werden. Das reduziert die optischen Verluste und steigert die Übertragungseffizienz des Multiplexers.

– Da für die Ausführung entsprechend **Fig. 1**, **Fig. 4**, **Fig. 6**, **Fig. 8**, **Fig. 9**, **Fig. 13**, **Fig. 15** die Enden aller Kontaktlichtleiter in einer Ebene, parallel zum Ende der Übermittlungsfasern, fixiert sind, kann auch bei einem möglichen Positionierungsfehler des drehbaren Kopplungselementes kein Kippwinkel und es können keine entsprechenden Verluste der Lichtleistung entstehen.

– Die beiden Halteelemente 1 und 2 können als Ein-

gangs- bzw. Ausgangsstecker des Multiplexers benutzt werden, das heißt, daß sie gleichzeitig die optische Kopplung und die Torsionsentlastung der eingehenden und der ausgehenden Lichtleiter verwirklichen, während bei den oben beschriebenen technischen Lösungen (Stand der Technik) praktisch noch mindestens ein zusätzlicher Stecker, z. B. für einen eingehenden Lichtleiter, notwendig ist, was zusätzliche optische Verluste verursacht. Dies verringert im Vergleich zum Stand der Technik die entstehenden optischen Verluste und steigert die Übertragungseffizienz.

Verschiedene Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden näher erläutert.

Fig. 1 zeigt perspektivisch schematisiert ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit zylinderförmigen Halteelementen 1 und 2 zur Fixierung der eingehenden 3 und ausgehenden 4 Lichtleiter und mit einem zylindrischen Kopplungselement 5.

Fig. 2 und **Fig. 3** zeigen die Vorrichtungen laut dem oben beschriebenen Stand der Technik.

Fig. 4 zeigt eine Frontansicht der Vorrichtung nach **Fig. 1** im Zusammenbau, mit einem Ausführungsbeispiel des zylindrischen Kopplungselementes.

Fig. 5 zeigt noch eine Ausführungsmöglichkeit der auf dem beschriebenen Verfahren basierenden Vorrichtung mit einem Lichtleiter als Übermittlungskanal, die einen noch kompakteren Aufbau der Vorrichtung ermöglicht.

Fig. 6, **7**, **8** und **9** zeigen die vorteilhafte Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit dem Kopplungselement als dünne Scheibe mit einem viereckigen Umlenkprisma (**Fig. 9**) und zwei dreieckigen Umlenkprismen (**Fig. 8**), sowie mit einer auf verschiedene Weise entsprechend der Anordnung der optischen Ausgänge verlegten Glasfaser (**Fig. 6** und **Fig. 7**) als Übermittlungskanal.

Fig. 10 und **Fig. 11** zeigen noch andere der vielen möglichen Aufbauten des Übermittlungskanals aus Spiegeln mit Möglichkeit der Einstellung des Neigungswinkels.

Fig. 12 zeigt noch eine Aufbaumöglichkeit der erfindungsgemäßen Vorrichtung nach Anspruch 8 mit einem kugelförmigen in zwei Ebenen gelagerten Kopplungselement, wodurch das übertragene Lichtsignal von mehreren optischen Eingängen sequentiell an mehrere optische Ausgänge gekoppelt werden kann.

Fig. 13 zeigt eine Vorrichtung entsprechend **Fig. 1** und **4**, modifiziert für die Anwendung für mehrere (n) eingehende und mehrere (in) ausgehende Lichtleiter.

Fig. 14 und **15** zeigen die Vorrichtung entsprechend **Fig. 6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, weitergebildet für die mehreren (n) eingehenden und mehreren (m) ausgehenden Lichtleitern mit der dünnen Scheiben als Kopplungselement.

Fig. 16 zeigt ein Beispiel der Anwendung des Verfahrens und der Verwendung der Vorrichtung für spektroskopische Messungen im Multiplex-Betrieb am Beispiel der Überwachung einer Kläranlage mit faseroptisch geführten photoakustischen Sensoren.

Die Vorrichtung nach **Fig. 1**, **Fig. 4** und **Fig. 5** weist zwei entlang einer gemeinsamen zentralen Mittelachse angeordnete Halteelemente 1 und 2 zur Fixierung der eingehenden 3 bzw. der ausgehenden 4 Lichtleiter, sowie ein zwischen den beiden Halteelementen angeordnetes und um die zentrale Mittelachse drehbares Kopplungselement 5 auf, in dem ein Übermittlungslichtleiter 6 integriert ist. Der eingehende Lichtleiter 3 ist im ersten Halteelement 1 entlang der gemeinsamen zentralen Mittelachse befestigt. Die ausgehenden Lichtleiter 4 sind im zweiten Halteelement 2 so befestigt, daß ihre Einkoppelenden auf einem Kreis mit Zentrum

auf der Mittelachse angeordnet sind. Der Übermittlungslichtleiter 6 ist im drehbaren Kopplungselement 5 integriert, so daß er gemeinsam mit dem Kopplungselement um die zentrale Mittelachse gedreht werden kann. Der Übermittlungslichtleiter, zum Beispiel eine optische Faser, ist im Kopplungselement 5, beispielsweise in einer Rille oder in einem eingefrästen Schlitz (Fig. 4), verlegt und befestigt, so daß sein Einkoppelende mit dem Auskoppelende des im ersten Halteelement 1 befestigten eingehenden Lichtleiters 3 ihm gegenüber fluchtend auf der gemeinsamen zentralen Mittelachse liegt und auch bei der Drehung zusammen mit dem ganzen Übermittlungslichtleiter an derselben Stelle, d. h. fluchtend mit dem Auskoppelende des eingehenden Lichtleiters, bleibt. Eine solche Anordnung bildet eine spezielle Verbindungsstelle zwischen dem eingehenden Lichtleiter und dem Übermittlungslichtleiter. Diese Verbindungsstelle ermöglicht die Einkopplung des zu übertragenden Lichtsignals in den Übermittlungslichtleiter in jeder Drehposition des drehbaren Kopplungselementes unter gleichen Bedingungen bei völliger mechanischer Entlastung der Lichtleiter. Das Auskoppelende des Übermittlungslichtleiters muß dabei so im drehbaren Kopplungselement angeordnet werden, daß es bei der Drehung des Kopplungselementes dem Einkoppelende jedes optischen Ausgangs bzw. jedes ausgehenden Lichtwellenleiters fluchtend gegenübergestellt werden kann. Die optischen Ausgänge bzw. die Einkoppelenden der ausgehenden Lichtleiter sind dementsprechend gemäß Ansprüchen 6 bzw. 9 auf einem senkrecht zur zentralen Mittelachse liegenden Kreis mit dem Zentrum an dieser Achse angeordnet.

Die optische Kopplung des zu übertragenden Lichtsignals in den ausgewählten optischen Ausgang oder die Kopplung des eingehenden Lichtleiters mit dem ausgewählten ausgehenden Lichtleiter erfolgt über den im drehbaren Kopplungselement integrierten Übermittlungskanal durch ein Gegenüberstellen des Auskoppelendes des Übermittlungskanals mit dem ausgewählten optischen Ausgang bzw. dem Einkoppelende des entsprechenden ausgehenden Lichtleiters mittels der Drehung des Kopplungselementes.

Dabei wird der Übermittlungslichtleiter in den Schaltvorgängen nicht dynamisch deformiert, das heißt, auf ihn wirken keine dynamischen Biege- oder Torsionsmomente, da er nur als Ganzes um die zentrale Mittelachse gedreht wird und die Lage je zweier Punkte des Übermittlungslichtleiters zueinander in Schaltvorgängen unverändert bleibt.

Die geometrische Größe und der Typ des verwendeten Übermittlungslichtleiters sowie die Abmessungen des Kopplungselementes und der ganzen Vorrichtung hängen von dem verwendeten Typ der zu koppelnden Lichtleiter ab. Zum Beispiel, darf, falls als Lichtleiter optische Fasern verwendet werden, bei Verlegung und Befestigung der Übermittlungsfaser der minimal zulässige Biegeradius nicht unterschritten werden. Für die beste Kopplung des Lichtes kann als Übermittlungsfaser eine optische Faser gleichen Typs wie die eingehende und ausgehende Faser, insbesondere vom gleichen Durchmesser, genommen werden.

Das erste Halteelement 1 (Fig. 1, Fig. 4) kann z. B. als Zylinder mit einer axial durchgehenden Bohrung ausgeführt werden, in der das Auskoppelende des eingehenden Lichtleiters befestigt ist. Das zweite Halteelement 2 kann ebenfalls als zylindrisches Teil ausgeführt werden und enthält die auf einem konzentrischen Kreis angeordneten durchgehenden Bohrungen, in denen die ausgehenden Lichtleiter befestigt sind, wobei die Anzahl der Bohrungen der Anzahl der ausgehenden Lichtleiter entspricht. Beide Halteelemente 1 und 2 dienen gleichzeitig für die Torsionsentlastung der eingehenden und ausgehenden Lichtleiter und als Eingangs- bzw. Ausgangsstecker des Multiplexers. Das zwischen den

beiden Halteelementen 1 und 2 angeordnete Kopplungselement 5 kann auch als Zylinder mit einer Rille oder einem eingefrästen Schlitz entsprechender Form (Fig. 4), in dem die Übermittlungsfaser befestigt ist, hergestellt werden.

Das drehbare Kopplungselement kann von einem Schrittmotor z. B. mit einem Schritt 1,8 angetrieben werden. Der Motor kann vorteilhaft auch auf der zentralen Mittelachse angeordnet werden, wie es in Fig. 4 gezeigt ist, so daß das Kopplungselement auf die Motorwelle aufgesetzt ist. Zu diesem Zweck kann im zweiten Halteelement eine axiale durchgehende Bohrung vorgesehen werden.

Für die bessere Positionierung des drehbaren Kopplungselementes und Vermeidung der dabei entstehenden optischen Verluste infolge möglicher Ungenauigkeit des Schrittmotors kann das Kopplungselement 5 (Fig. 1, Fig. 4) und dementsprechend das zweite Halteelement 2 für Fixierung der ausgehenden Lichtleiter mit einer Einrastkonstruktion versehen werden. Eine solche Konstruktion kann, zum Beispiel eine gefederte Kugel enthalten, die im Kopplungselement 5 in einer zur Mittelachse parallelen Bohrung untergebracht ist. Dazu müssen auf der Stirnfläche des zweiten Halteelementes 2 sphärische Vertiefungen an entsprechenden Stellen vorgesehen sein, so daß auch bei möglicher Positionierungsungenauigkeit (z. B. beim Winkelfehler) des Schrittmotors die vorspringende Kugel des Kopplungselementes in die entsprechende Vertiefung des Halteelementes 2 einrastet. Dadurch werden auch bei möglicher ungenauer Positionierung der Motorachse die Anschlußenden der zu koppelnden Lichtleiter genau fluchtend einander gegenüber positioniert und der Achsenversatz und damit einhergehende optische Verluste vermieden.

Wie es in der Zusammenbauzeichnung (Fig. 4) gezeigt ist, können die Halteelemente 1 und 2 zur Fixierung der eingehenden bzw. ausgehenden Lichtleiter jeweils in einem Stützaufbau 7 und 8 befestigt werden. Das drehbare Kopplungselement 5 muß in einem anderen Stützaufbau 9 mit Kugellagern 13 und 14 um die zentrale Mittelachse drehbar gelagert werden. Zur Justierung der Vorrichtung kann der Stützaufbau 8 des Halteelementes 2 zur Fixierung der ausgehenden Lichtleiter durch die zwei Führungsschienen 10 entlang der zentralen Mittelachse verschiebbar sein. In den Stützaufbauten 8 und 9 der Halterung 2 bzw. des Kopplungselementes 5 kann dabei eine parallel zur zentralen Mittelachse angeordnete mikrometrische Stellschraube 11 vorgesehen werden, bei derer Drehung der Abstand zwischen dem Stützaufbau 9 des Kopplungselementes 5 und dem verschiebbaren Stützaufbau 8 des Halteelementes 2 eingestellt werden kann.

Die Vorrichtung nach Fig. 5 unterscheidet sich von der Vorrichtung nach Fig. 1 und Fig. 4 durch die andere Ausführung des Kopplungselementes 5 und dementsprechend des zweiten Halteelementes 2, wodurch ein kompakterer Aufbau des Multiplexers ermöglicht wird. Für die Justierung des Systems können im Halteelement 2 Justierfassungen 7 besonderer Konstruktion vorgesehen werden, in denen die ausgehenden Lichtleiter befestigt sind. Jede Justierfassung besteht aus zwei ineinander gesteckten und gegeneinander, zum Beispiel durch eine Gleitlagerkonstruktion, gelagerten zylindrischen Teilen. Im inneren Teil ist der Lichtleiter befestigt. Das äußere Teil hat ein Außengewinde, wodurch der Lichtleiter bei Drehung des Einstellknopfes nach vorne oder nach hinten verschoben werden kann. Der Lichtleiter wird dabei durch das Drehen der Justierfassung entlang seiner optischen Achse verschoben, ohne dabei verdreht zu werden. Dadurch bleiben die Einkoppelenden der ausgehenden Lichtleiter bei der Justierung immer fluchtend mit dem Auskoppelende des Übermittlungslichtleiters.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist umkehrbar. Das

heißt, daß das Licht in beide Richtungen übertragen werden kann. Die Bezeichnungen "eingehende" und "ausgehende Lichtleiter" wurden nur für die Erläuterungen der Funktionsweise des Verfahrens und der Vorrichtung benutzt.

Bei der Weiterbildung der Konstruktion durch den Einsatz zweier, symmetrisch zueinander angeordneter drehbarer Kopplungselemente, in denen jeweils ein Übermittlungslichtleiter integriert ist, (Fig. 13) und durch die Ausführung des ersten Halteelements 1 gleichartig mit dem zweiten Halteelement 2 kann die Vorrichtung auch für die Lichtsignalübertragung von mehreren (n) eingehenden zu mehreren (m) ausgehenden Lichtleitern verwendet werden.

Die Einrichtung kann auch so weitergebildet werden, daß sie bei mehreren optischen Ein- und Ausgängen nur einen in einem drehbaren Kopplungselement integrierten Übermittlungs-15 kanal enthält (Fig. 12). Damit das Lichtsignal von einem der mehreren optischen Eingänge sequentiell an mehrere optische Ausgänge gekoppelt werden kann, muß der in einem drehbaren Kopplungselement integrierte Übermittlungs-20 kanal entsprechend der Anordnung der zu koppelnden optischen Ein- und Ausgänge in verschiedenen Ebenen gedreht werden. Zum Beispiel enthält die in Fig. 12 vorgestellte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zwei in zueinander senkrechten Ebenen angeordnete Gruppen von optischen Ein- und Ausgängen und einen im drehbaren Kopplungselement integrierten Übermittlungs-25 kanal. Als Übermittlungs-kanal kann zum Beispiel ein Lichtwellenleiter oder ein Aufbau, der ein Umlenkprisma oder einen Spiegel enthält, benutzt werden. Der Übermittlungslichtleiter (Fig. 12) ist im drehbaren Kopplungselement entsprechend der Anordnung der optischen Ein- und Ausgänge verlegt und befestigt. Das drehbare Kopplungselement ist kugelförmig ausgeführt und muß so gelagert werden, daß es in zwei oder mehreren Ebenen entsprechend der Anordnung der optischen Ein- und Ausgänge von einem oder zwei Mo-30 toren mit entsprechenden Antrieben gedreht werden kann.

Das Kopplungselement 5 kann über einen elektronisch angesteuerten Schrittmotor angetrieben werden. Für die beste Positionierung kann die Vorrichtung mit einem Winkel-35 kodierer versehen werden.

Für die bessere Positionierungsgenauigkeit des Übermittlungs-40 kanals kann in der Vorrichtung eine Positionierungssteuerung des drehbaren Kopplungselementes und eine Regelungsschaltung mit einem geschlossenen Regelkreis, z. B. mit einer Lichtschranke, vorgesehen werden.

Das vorgeschlagene Verfahren und die entsprechende Vorrichtung können für optische, z. B. spektroskopische Messungen im Multiplex-Betrieb angewandt werden, beispielsweise zur photoakustischen Laserspektroskopie für die Überwachung eines Bioreaktors einer Kläranlage mit fa-50 seroptisch geführten photoakustischen Sensoren (Fig. 16).

Patentansprüche

1. Verfahren zum Multiplexen von übertragenen Lichtsignalen, wobei

- mindestens ein optischer Eingang sequentiell mit mindestens zwei optischen Ausgängen gekoppelt wird und
- das Licht in beide Richtungen übertragen werden kann, **dadurch gekennzeichnet**, daß
- das Lichtsignal von einem optischen Eingang zu einem ausgewählten optischen Ausgang über einen drehbaren Übermittlungs-kanal übertragen wird, wobei
- das eingehende Lichtsignal in den Übermittlungs-65 kanal über eine spezielle Verbindungsstelle gekoppelt wird, in der das Einkoppelende des

Übermittlungs-kanals auf der optischen Asse des eingehenden Lichtstrahls fluchtend mit ihm liegt, und zusammen mit dem ganzen Übermittlungs-kanal um diese Achse gedreht werden kann,

- zur Kopplung des eingehenden Lichtsignals an den ausgewählten optischen Ausgang das Auskoppelende des Übermittlungs-kanals dem entsprechenden optischen Ausgang mittels der Drehung des Übermittlungs-kanals um die optische Achse des eingehenden Lichtstrahls fluchtend gegenübergestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

- das Lichtsignal von einem der mehreren optischen Eingänge zu einem der mehreren optischen Ausgänge über zwei um eine gemeinsame zentrale Mittelachse drehbare Übermittlungs-kanäle übertragen wird,
- die Kopplung des Lichts zwischen den beiden Übermittlungs-kanälen über eine spezielle Verbindungsstelle erfolgt, in der das Auskoppelende des ersten Übermittlungs-kanals und das Einkoppelende des zweiten Übermittlungs-kanals auf der gemeinsamen zentralen Achse fluchtend einander gegenüber liegen und zusammen mit den entsprechenden Übermittlungs-kanälen unabhängig voneinander um diese Achse gedreht werden können,
- zur optischen Kopplung des eingehenden Lichtstrahls in den ersten Übermittlungs-kanal sein Einkoppelende dem entsprechenden optischen Eingang mittels der Drehung des ersten Übermittlungs-kanals um die gemeinsame zentrale Mittelachse fluchtend gegenübergestellt wird,

zur optischen Kopplung des zweiten Übermittlungs-kanals mit dem ausgewählten optischen Ausgang das Auskoppelende des zweiten Übermittlungs-kanals dem entsprechenden optischen Ausgang mittels der Drehung des zweiten Übermittlungs-kanals um die gemeinsame zentrale Mittelachse fluchtend gegenübergestellt wird.

3. Verfahren zum Multiplexen von übertragenen Lichtsignalen, wobei

- mindestens ein eingehender Lichtleiter sequentiell mit mindestens zwei ausgehenden Lichtleitern gekoppelt wird und
- das Licht in beide Richtungen übertragen werden kann, **dadurch gekennzeichnet**, daß
- das Lichtsignal von einem eingehenden Lichtleiter zu einem ausgewählten ausgehenden Lichtleiter über einen Übermittlungslichtleiter übertragen wird, der in einem drehbaren Kopplungselement integriert ist,
- das Licht vom eingehenden Lichtleiter in den Übermittlungslichtleiter über eine spezielle Verbindungsstelle gekoppelt wird, in der das Auskoppelende des eingehenden Lichtleiters unbeweglich befestigt ist, das Einkoppelende des Übermittlungslichtleiters mit dem Auskoppelende des eingehenden Lichtleiters fluchtet und zusammen mit dem ganzen Übermittlungslichtleiter um die gemeinsame zentrale Mittelachse gedreht werden kann,
- zur optischen Kopplung des eingehenden Lichtleiters mit dem ausgewählten ausgehenden Lichtleiter das Auskoppelende des Übermittlungslichtleiters dem Einkoppelende des entsprechenden ausgehenden Lichtleiters mittels der Drehung des Kopplungselementes um die gemein-

same zentrale Mittelachse fluchtend gegenübergestellt wird.

4. Verfahren nach Ansprüchen 1 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß

- das Lichtsignal von einem der mehreren eingehenden Lichtleiter zu einem ausgewählten ausgehenden Lichtleiter über zwei Übermittlungslichtleiter übertragen wird, die jeweils in einem um eine gemeinsame zentrale Mittelachse drehbaren Kopplungselement integriert sind,
- zur optischen Kopplung eines der eingehenden Lichtleiter mit dem ersten Übermittlungslichtleiter das Einkoppelende des ersten Übermittlungslichtleiters dem Auskoppelende des entsprechenden eingehenden Lichtleiters mittels der Drehung und die gemeinsame zentrale Mittelachse des ersten drehbaren Kopplungselementes fluchtend gegenübergestellt wird,
- die Kopplung des Lichts zwischen den beiden Übermittlungslichtleitern über eine spezielle auf der zentralen Mittelachse angeordnete Verbindungsstelle erfolgt, in der das Auskoppelende des ersten Übermittlungslichtleiters und das Einkoppelende des zweiten Übermittlungslichtleiters fluchtend einander gegenüber liegen und zusammen mit dem entsprechenden Übermittlungslichtleiter von entsprechenden Kopplungselementen unabhängig voneinander um die gemeinsame zentrale Mittelachse gedreht werden können,
- zur optischen Kopplung des zweiten Übermittlungslichtleiters mit dem ausgewählten ausgehenden Lichtleiter das Auskoppelende des zweiten Übermittlungslichtleiters dem Einkoppelende des entsprechenden ausgehenden Lichtleiters mittels der Drehung des zweiten Kopplungselementes fluchtend gegenübergestellt wird

5. Verfahren nach Ansprüchen 1 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß damit das Lichtsignal von mehreren optischen Eingängen sequentiell an mehrere optische Ausgänge gekoppelt wird, der in einem drehbaren Kopplungselement integrierte Übermittlungskanal in verschiedenen Ebenen entsprechend der Anordnung der zu koppelnden optischen Ein- und Ausgänge gedreht werden kann.

6. Vorrichtung zum Multiplexen von übertragenen Lichtsignalen, wobei

- mindestens ein optischer Eingang sequentiell mit mindestens zwei optischen Ausgängen koppelbar ist und
- das Licht in beide Richtungen übertragen werden kann, dadurch gekennzeichnet, daß
- zur Verbindung zwischen dem optischen Eingang und einem der optischen Ausgänge ein Übermittlungskanal, z. B. ein Übermittlungslichtleiter, vorhanden ist, der in einem um die optische Achse des eingehenden Lichtstrahls drehbaren Kopplungselement integriert ist,
- der Übermittlungskanal im drehbaren Kopplungselement so angeordnet ist, daß sein Einkoppelende fluchtend mit der optischen Achse des eingehenden Lichtstrahls, d. h. auf der Drehachse des Kopplungselementes, liegt und das Auskoppelende des Übermittlungskanals bei der Drehung des Kopplungselementes jedem ausgewählten optischen Ausgang fluchtend gegenübergestellt werden kann,
- die optischen Ausgänge der Vorrichtung auf einem (nicht in der Ebene der optischen Asse des

eingehenden Lichtstrahls liegenden) Kreis oder Kreisbogen mit dem Zentrum auf der optischen Achse des eingehenden Lichtstrahls angeordnet sind,

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß damit mehrere optische Eingänge wahlweise oder sequentiell mit mehreren optischen Ausgängen koppelbar sind,

- zur Verbindung zwischen den optischen Ein- und Ausgängen zwei Übermittlungskanäle, z. B. zwei Übermittlungslichtleiter, vorhanden sind, die jeweils in einem um eine gemeinsame zentrale Mittelachse drehbaren Kopplungselement integriert sind,
- die beiden Übermittlungskanäle miteinander über eine auf der gemeinsamen zentralen Mittelachse angeordnete spezielle Verbindungsstelle gekoppelt sind, in der das Auskoppelende des ersten Übermittlungskanals und das Einkoppelende des zweiten Übermittlungskanals miteinander fluchten und zusammen mit entsprechenden Übermittlungskanälen um die gemeinsame zentrale Mittelachse gedreht werden können,
- sowohl die optischen Eingänge, als auch die optischen Ausgänge jeweils auf einem Kreis mit dem Zentrum auf der zentralen Mittelachse entsprechend der Anordnung und den Abmessungen der entsprechenden Übermittlungskanäle angeordnet sind.

8. Vorrichtung (Fig. 12) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß damit das Lichtsignal von mehreren optischen Eingängen sequentiell an mehrere optische Ausgänge gekoppelt wird, das drehbare Kopplungselement 5 kugelförmig ausgeführt und so drehbar gelagert ist, daß es mit dem in ihm integrierten Übermittlungskanal in verschiedenen Ebenen entsprechend der Anordnung der zu koppelnden optischen Ein- und Ausgänge von entsprechenden Antrieben gedreht werden kann.

9. Vorrichtung zum Multiplexen von übertragenen Lichtsignalen (Fig. 1, Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6 bis 11), wobei

- mindestens ein eingehender Lichtleiter 3 sequentiell mit mindestens zwei ausgehenden Lichtleitern 4 koppelbar ist und
- das Licht in beide Richtungen übertragen werden kann, dadurch gekennzeichnet, daß
- der eingehende und die ausgehenden Lichtleiter unbeweglich in ihren Halterungen fixiert sind,
- der eingehende Lichtleiter 3 in seiner Halterung 1 entlang einer gemeinsamen zentralen Mittelachse befestigt ist,
- die ausgehenden Lichtleiter 4 in ihren Halterungen so befestigt sind, daß ihre Einkoppelenden auf einem (senkrecht zur zentralen Mittelachse liegenden) Kreis oder Kreisbogen mit dem Zentrum auf der zentralen Mittelachse angeordnet sind,
- zur Verbindung zwischen dem eingehenden Lichtleiter 3 und den ausgehenden Lichtleitern 4 ein Übermittlungskanal 6, z. B. ein Übermittlungslichtleiter, vorhanden ist, der in einem um die zentrale Mittelachse drehbaren Kopplungselement 5 integriert ist,
- der eingehende Lichtleiter 3 mit dem Übermittlungslichtleiter 6 über eine auf der zentralen Mittelachse angeordnete spezielle Verbindungsstelle gekoppelt ist, in der das Auskoppelende des ein-

gehenden Lichtleiters unbeweglich fixiert ist und das Einkoppelende des Übermittlungslichtleiters mit dem Auskoppelende des eingehenden Lichtleiters fluchtet und um die gemeinsame zentrale Mittelachse mit dem Kopplungselement gedreht werden kann,

– der Übermittlungslichtleiter im Kopplungselement so angeordnet ist, daß sein Einkoppelende mit dem Auskoppelende des eingehenden Lichtleiters über die oben beschriebene spezielle Verbindungsstelle optisch gekoppelt ist und sein Auskoppelende bei der Drehung des Kopplungselementes dem Einkoppelende jedes ausgehenden Lichtleiters fluchtend gegenübergestellt werden kann.

10. Vorrichtung (**Fig. 13, Fig. 14, Fig. 15**) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß damit mehrere eingehende Lichtleiter sequentiell mit mehreren ausgehenden Lichtleitern optisch koppelbar sind,

die eingehenden Lichtleiter in ihrer Halterung so befestigt sind, daß ihre Auskoppelenden auf einem Kreis oder Kreisbogen mit dem Zentrum auf der zentralen Mittelachse angeordnet sind,

zur Verbindung zwischen den ein- und ausgehenden Lichtleitern zusätzlich ein zweiter Übermittlungslichtleiter vorhanden ist, der in einem zweiten um die gemeinsame zentrale Mittelachse drehbaren Kopplungselement integriert ist,

die beiden Übermittlungslichtleiter miteinander über eine auf der gemeinsamen zentralen Mittelachse liegende spezielle Verbindungsstelle gekoppelt sind, in der das Auskoppelende des ersten Übermittlungslichtleiters und das Einkoppelende des zweiten Übermittlungslichtleiters miteinander fluchten und um die gemeinsame zentrale Mittelachse drehbar gelagert sind.

11. Vorrichtung (**Fig. 1, Fig. 4**) nach Ansprüchen 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Halterung 1 als eine zylindrische Geometrie besitzt und mit einer axialen durchgehenden Bohrung versehen ist, in der der eingehende Lichtleiter befestigt wird.

12. Vorrichtung (**Fig. 1, Fig. 4**) nach Anspruch, 6, 7, 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß das drehbare Kopplungselement 5 als ein zylindrisches oder kegelförmiges Teil mit einer Möglichkeit zur Befestigung des Übermittlungslichtleiters ausgeführt ist, so daß das Einkoppelende des Übermittlungslichtleiters auf der Mittelachse des Kopplungselementes in einer seiner Stirnflächen bzw. auf der Kegelspitze und das Auskoppelende des Übermittlungslichtleiters an der gegenüberliegenden Stirnfläche bzw. an der Grundfläche des Kopplungselementes in einem gewissem Abstand von der zentralen Mittelachse befestigt ist.

13. Vorrichtung (**Fig. 1, Fig. 4**) nach Ansprüchen 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Halterung 2 als ein zylindrisches Teil ausgeführt ist, in dem auf einem Kreis mit dem Zentrum auf der zentralen Mittelachse die achsenparallelen, durchgehenden Bohrungen zur Fixierung der ausgehenden Lichtleiter angeordnet sind, wobei der Radius des Kreises dem Abstand zwischen der zentralen Mittelachse und der optischen Achse des im drehbaren Kopplungselement 5 befestigten Übermittlungslichtleiters 6 gleich ist.

14. Vorrichtung nach Ansprüchen 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Halterungen zur Fixierung des eingehenden Lichtleiters bzw. der ausgehenden Lichtleiter als eine Scheibe 1 mit einer axialen durchgehenden Bohrung zur Fixierung des eingehenden

den Lichtleiters und mit mehreren entsprechend der Anzahl der ausgehenden Lichtleiter auf einem Kreis mit dem Zentrum auf der Mittelachse angeordneten achsenparallelen durchgehenden Bohrungen zur Fixierung der ausgehenden Lichtleiter ausgeführt sind (**Fig. 6, Fig. 13, Fig. 14, Fig. 15**).

15. Vorrichtung nach Ansprüchen 6, 7, 8 und 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Kopplungselement 5 als eine um die zentrale Mittelachse drehbare Scheibe ausgeführt ist, in der ein Übermittlungslichtleiter 6 so integriert ist, daß sein Einkoppelende auf der zentralen Mittelachse an einer Scheibenstirnfläche und sein Auskoppelende auf der gleiten Stirnfläche der Scheibe in einem gewissen Abstand von der zentralen Mittelachse befestigt sind, der der Anordnung der optischen Ausgänge bzw. der ausgehenden Lichtleiter entspricht (**Fig. 6**).

16. Vorrichtung nach Ansprüchen 6, 7, 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Kopplungselement 5 als eine um die zentrale Mittelachse drehbare Scheibe ausgeführt ist, in der ein Übermittlungslichtleiter so angeordnet ist, daß sein Einkoppelende auf der zentralen Mittelachse an einer Scheibenstirnfläche und sein Auskoppelende auf der Mantelfläche der Scheibe angeordnet sind (**Fig. 7**).

17. Vorrichtung (**Fig. 4**) nach Ansprüchen 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß

– die Halteelemente 1 und 2 zur Fixierung der eingehenden bzw. ausgehenden Lichtleiter jeweils in einem Stützaufbau 7 bzw. 8 befestigt sind,

– das drehbare Kopplungselement 5 in einem anderen Stützaufbau 9 um die zentrale Mittelachse drehbar gelagert ist,

zur Justierung der Vorrichtung der Stützaufbau 8 des Halteelementes 2 zur Fixierung der ausgehenden Lichtleiter durch die zwei Führungsschienen 10 entlang der zentralen Mittelachse verschiebbar ist und

– in den Stützaufbauten des Halteelementes 2 und des Kopplungselementes 5 eine parallel zur zentralen Mittelachse angeordnete mikrometrische Stellschraube 11 vorhanden ist, bei deren Drehung der Abstand zwischen dem Stützaufbau 9 des Kopplungselementes 5 und dem verschiebbaren Stützaufbau 8 des Halteelementes 2 eingestellt werden kann.

18. Vorrichtung nach Ansprüchen 6 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß das Kopplungselement 5 über einen elektronisch angesteuerten Schrittmotor 12 angetrieben ist (**Fig. 4**).

19. Vorrichtung nach Ansprüchen 6 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß für genauere Positionierung das Kopplungselement 5 und das Halteelement 2 zur Fixierung der ausgehenden Lichtleiter mit einer Einrastkonstruktion versehen sind.

20. Vorrichtung nach Ansprüchen 6 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß für die beste Positionierung diese mit einem Winkelkodierer versehen ist.

21. Vorrichtung nach Ansprüchen 6 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß in dieser eine Regelungsschaltung für die Positionierungssteuerung des Kopplungselementes mit einem geschlossenen Regelkreis, z. B. mit einer Lichtschranke, vorgesehen ist.

22. Anwendung des Verfahrens und Verwendung der Vorrichtung auf optische, zum Beispiel spektroskopische, Messungen im Multiplex-Betrieb.

23. Anwendung des Verfahrens und Verwendung der Vorrichtung nach Anspruch 22 zur photoakustischen

Laserspektroskopie für die Überwachung von Biofilm-
reaktoren in Kläranlagen mit faseroptisch geführten
photoakustischen Sensoren.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

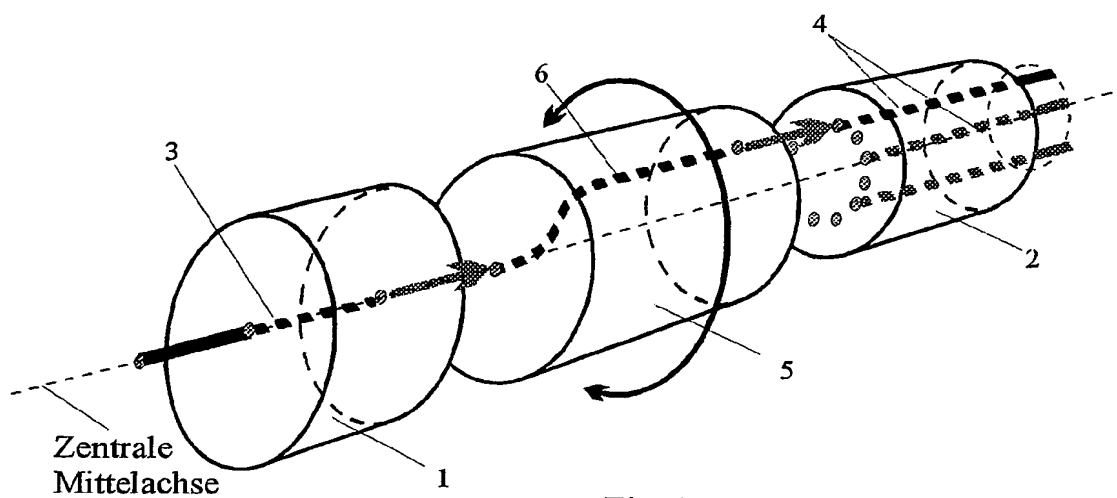


Fig. 1

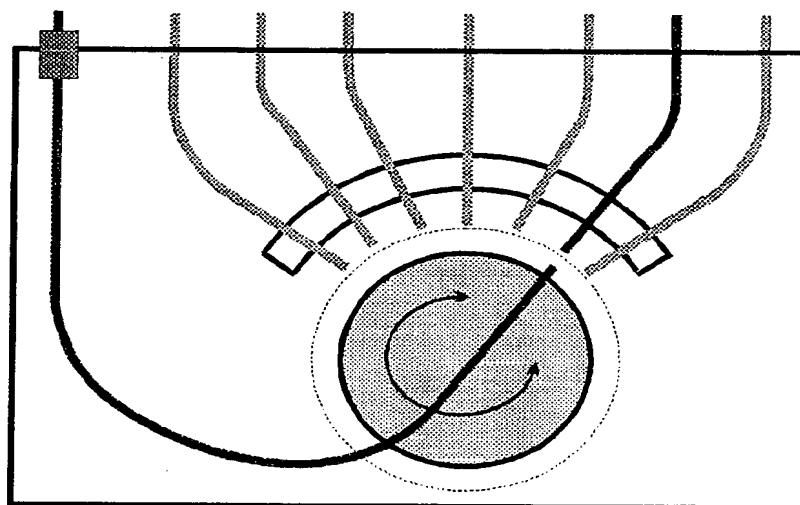


Fig. 2

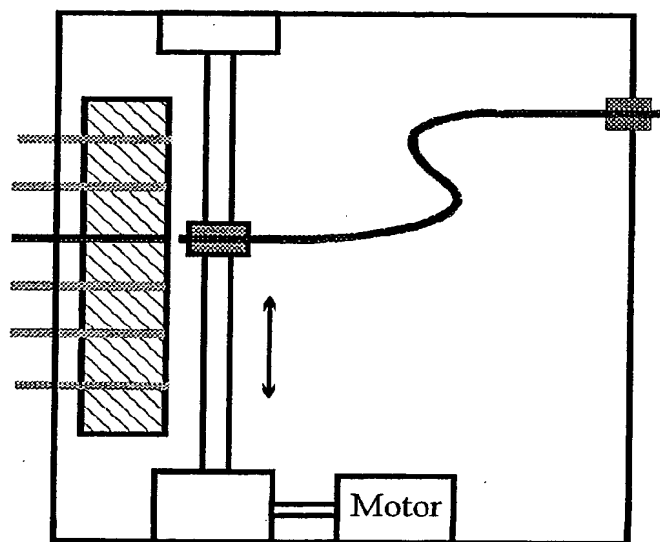
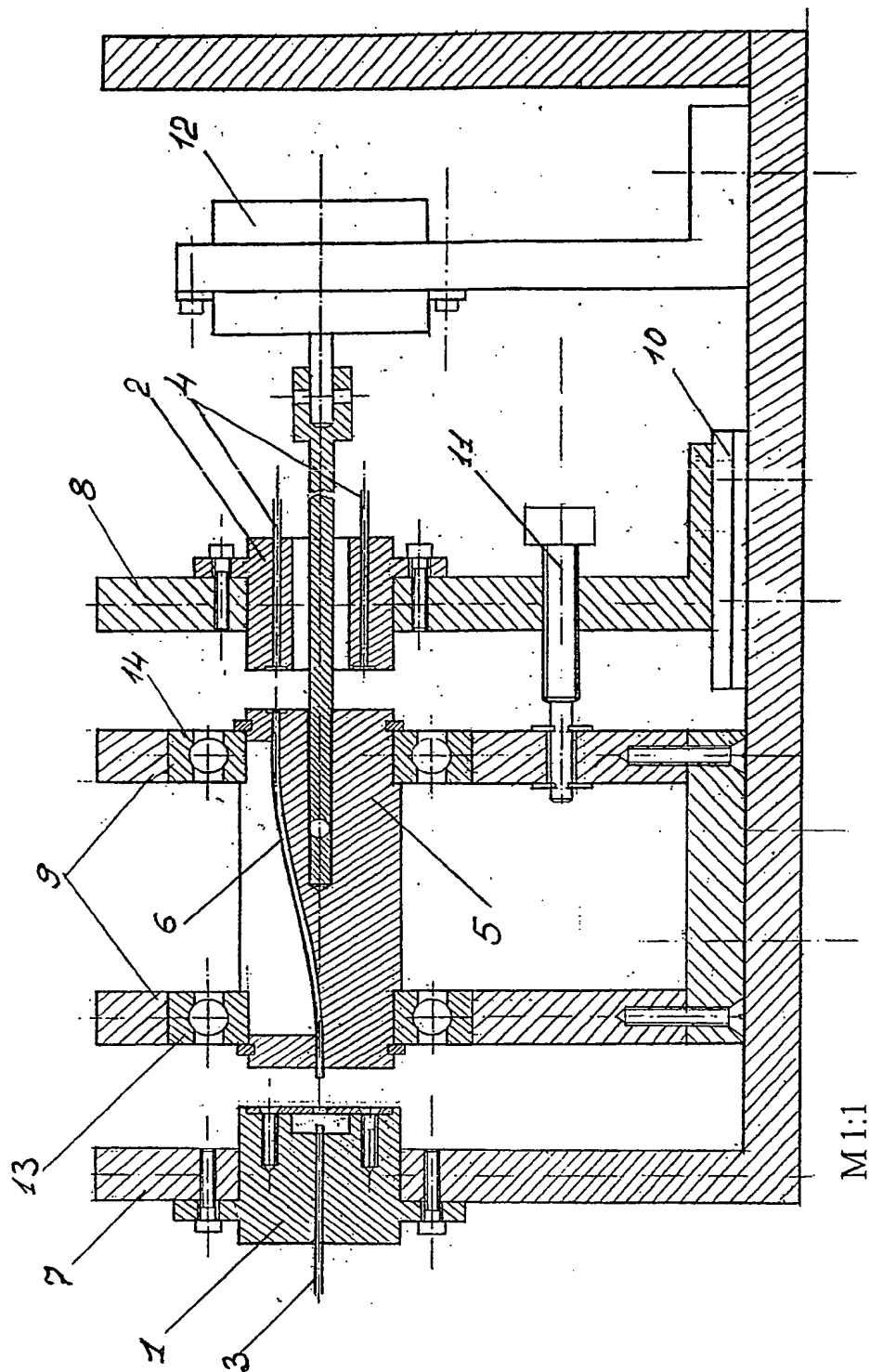


Fig. 3



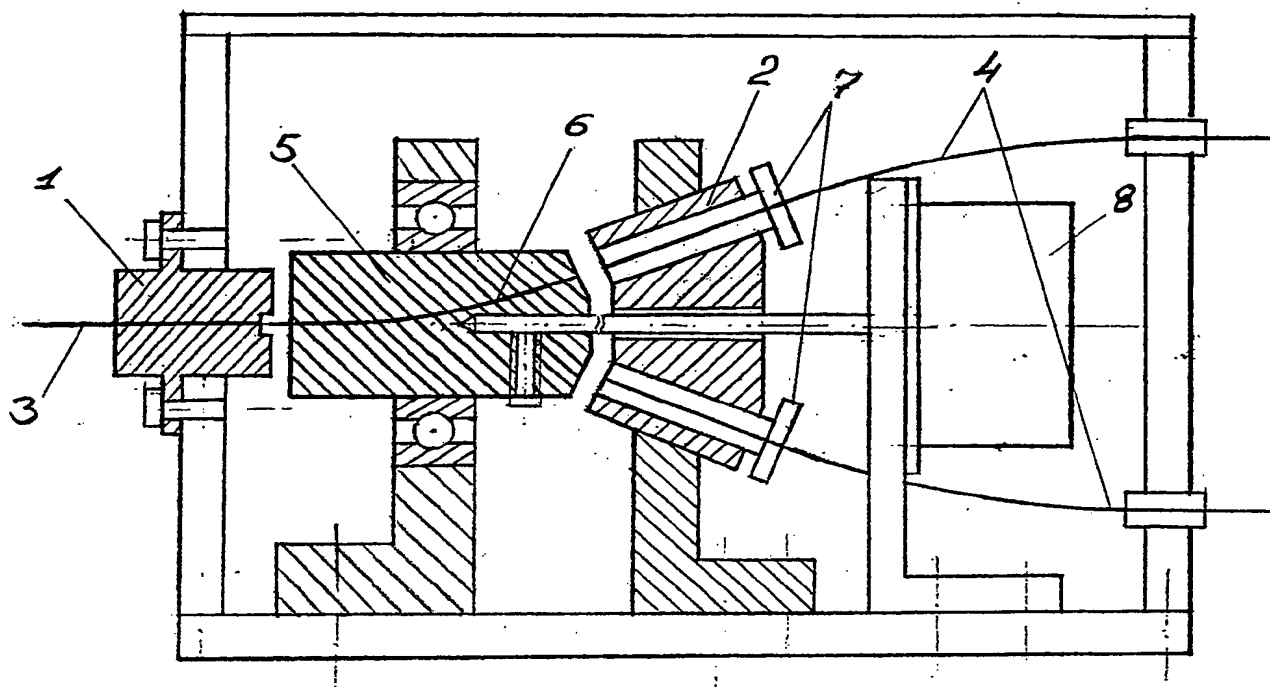
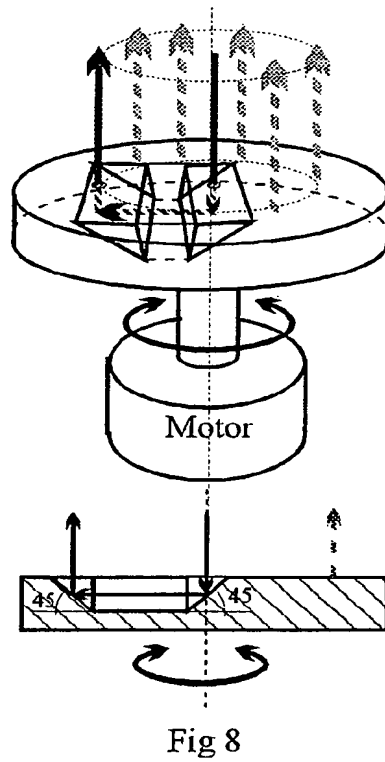
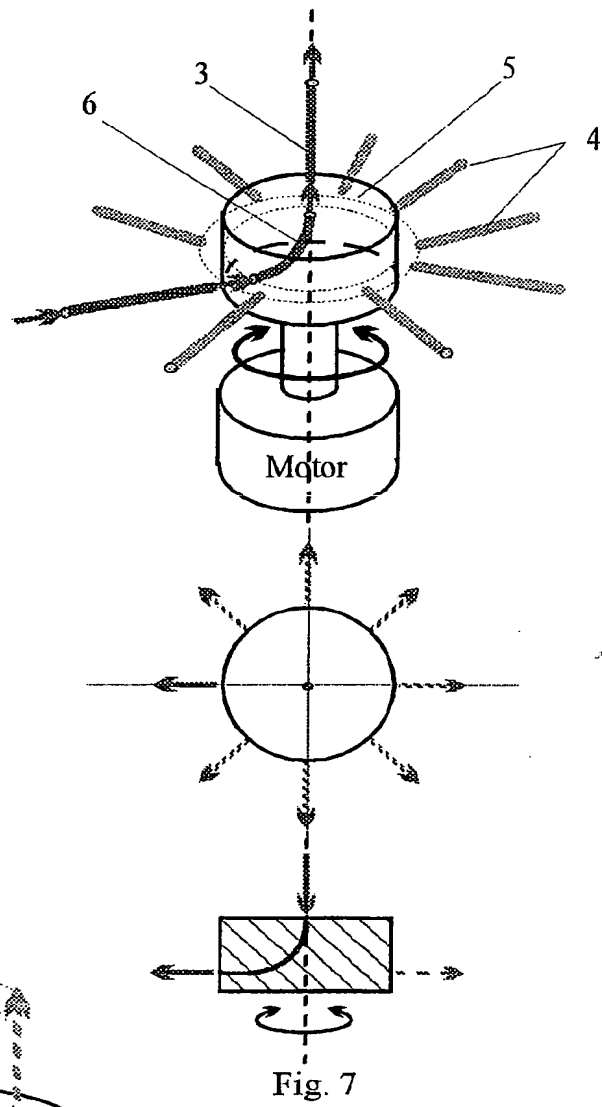
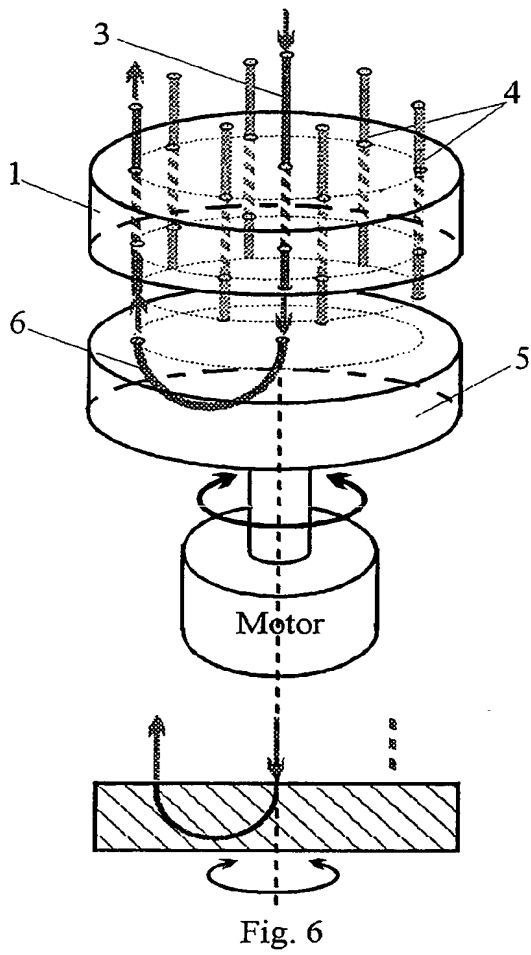


Fig. 5



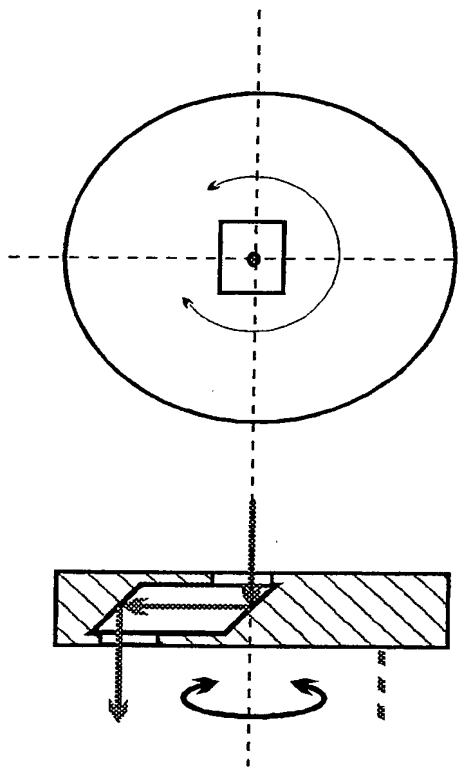


Fig. 9

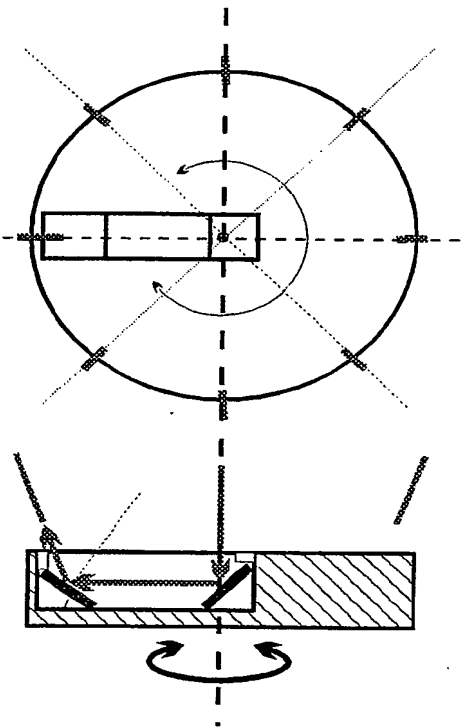


Fig. 10

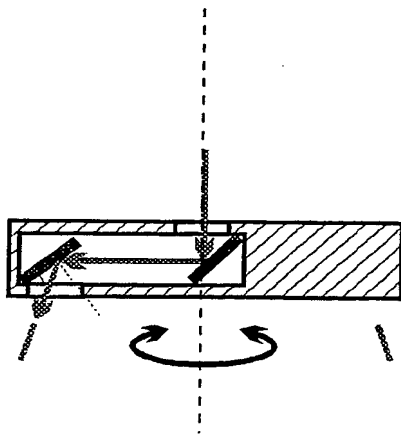


Fig. 11

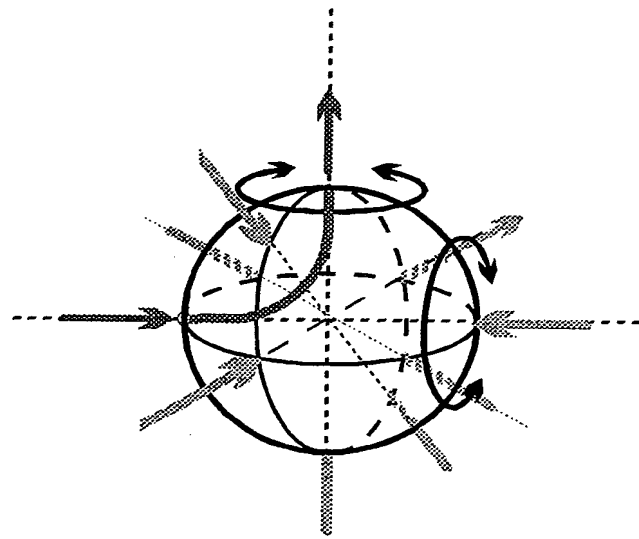


Fig. 12

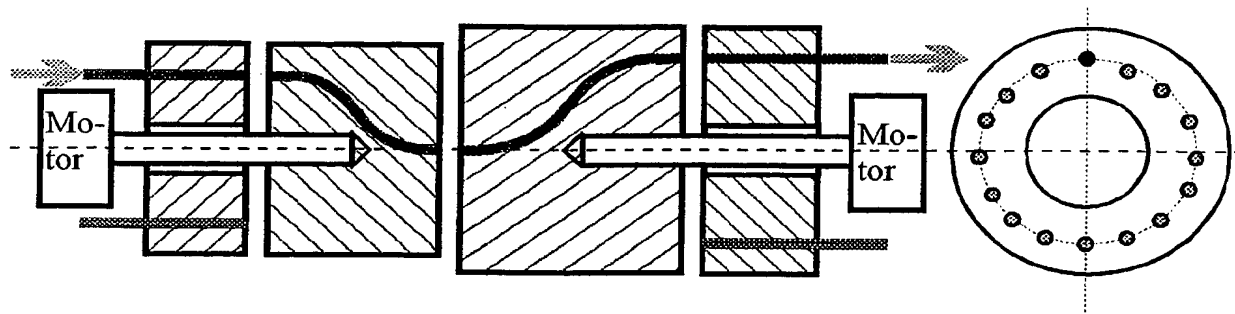


Fig. 13

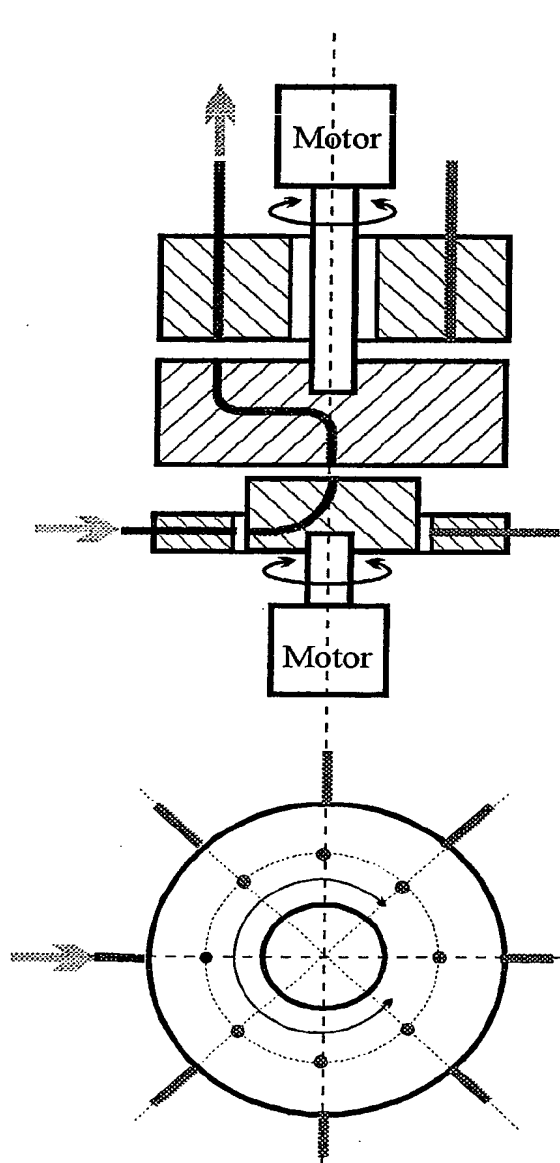


Fig. 14

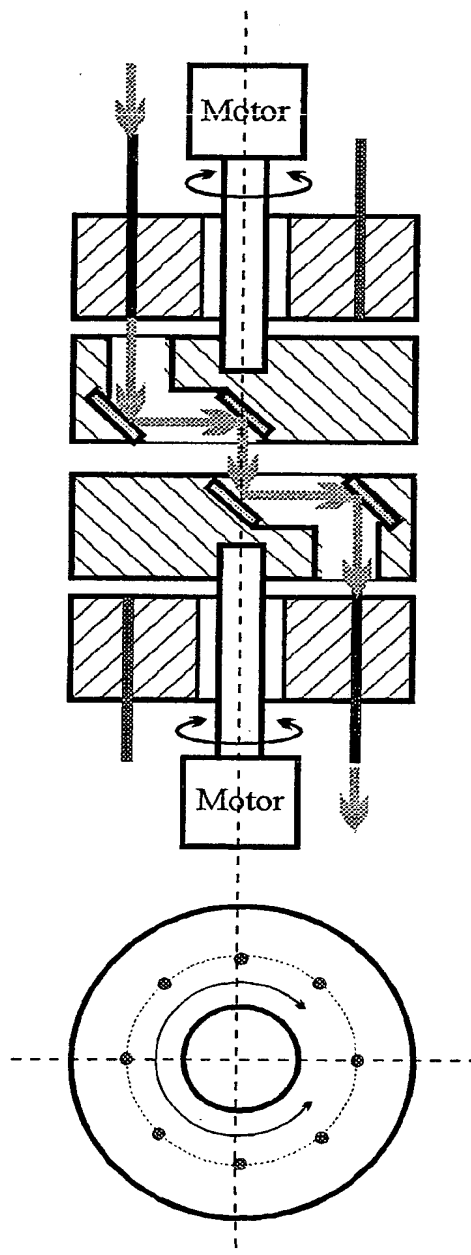


Fig. 15

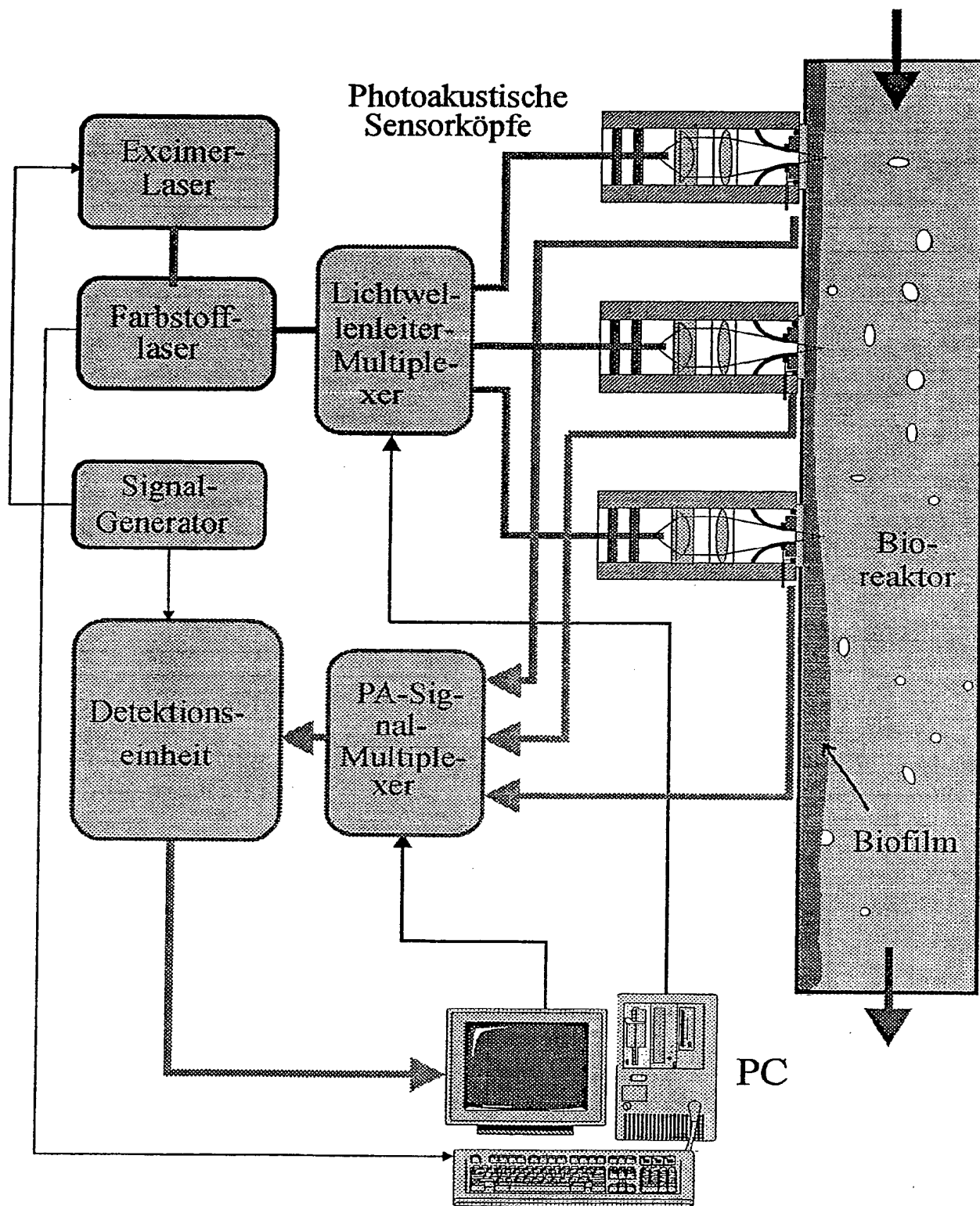


Fig. 16

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)